

Docket No.: 60188-613

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of

Tetsuzo UEDA, et al.

Serial No.:

Group Art Unit:

Filed: June 23, 2003

Examiner:

For: SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING DEVICE, METHOD FOR FABRICATING THE SAME AND
METHOD FOR BONDING THE SAME

**CLAIM OF PRIORITY AND
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Mail Stop
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicants hereby claim the priority of:

Japanese Patent Application No. 2002-183919, filed June 25, 2002

cited in the Declaration of the present application. A certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY

Michael E. Fogarty
Registration No. 36,139

600 13th Street, N.W.
Washington, DC 20005-3096
(202) 756-8000 MEF:mcw
Facsimile: (202) 756-8087
Date: June 23, 2003

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

60188-613
UEDA et al.
June 23, 2003.
McDermott, Will & Emery

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 6月25日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-183919

[ST.10/C]:

[JP2002-183919]

出 願 人

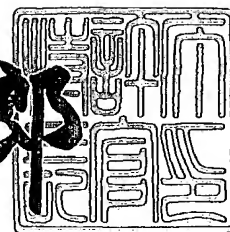
Applicant(s):

松下電器産業株式会社

2003年 4月15日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3026853

【書類名】 特許願
【整理番号】 2925040044
【提出日】 平成14年 6月25日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H01L 33/00
【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式
会社内

【氏名】 上田 哲三

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式
会社内

【氏名】 油利 正昭

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100097445

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩橋 文雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100103355

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂口 智康

【選任した代理人】

【識別番号】 100109667

【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 浩樹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809938

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体発光素子およびその製造方法ならびにその実装方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくとも 2 つの異なる導電型を含む半導体多層膜と、前記半導体多層膜の上下にそれぞれ形成された複数の電極と、前記複数の電極のいずれかに接しかつ半導体多層膜の膜厚以上の膜厚を有する金属膜とを備えたことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 2】 前記金属膜の膜厚が $10\ \mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 3】 前記金属膜が Au、Cu または Ag のいずれかにより構成されていることを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 4】 前記金属膜がメッキにより形成された膜であることを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 5】 前記金属膜のうち、前記半導体多層膜に接していない部分の金属の融点が 300°C 以下であることを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 6】 前記半導体多層膜に接していない部分の金属として錫を含有することを特徴とする請求項 5 記載の半導体発光素子。

【請求項 7】 前記電極のうち、前記金属膜と接触している部分の反射率が、半導体多層膜より発光する光に対して 90% 以上であることを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 8】 前記半導体多層膜に接し、かつ前記金属膜と接触している電極が Au、Pt、Cu、Ag または Rd の少なくとも一つ、またはこれらの多層膜で構成されることを特徴とする、請求項 1 または 7 記載の半導体発光素子。

【請求項 9】 前記半導体多層膜と前記金属膜との間に誘電体膜または半導体多層膜のミラー構造が形成され、前記ミラー構造の反射率が半導体多層膜より発光する光に対して 90% 以上であることを特徴とする、請求項 1 または 7 記載の半導体発光素子。

【請求項 10】 前記半導体多層膜が窒素を含む化合物半導体により構成され

ていることを特徴とする、請求項1記載の半導体発光素子。

【請求項11】 前記半導体多層膜に接する電極のうち、前記金属膜と接触している以外の部分が透光性電極であることを特徴とする請求項1記載の半導体発光素子。

【請求項12】 前記半導体多層膜に接する形で形成された電極のうち、金属膜と接触しない電極がインジウム錫酸化物または膜厚が20nm以下のニッケルを含む金属であることを特徴とする請求項1記載の半導体発光素子。

【請求項13】 前記多層膜構造が SiO_2 、 TiO_2 、 Nb_2O_5 、 Ta_2O_5 、 HfO_2 または AlGaInN のいずれかを含み、半導体多層膜からの発光波長に対する屈折率が周期的に変化することを特徴とする請求項10記載の半導体発光素子。

【請求項14】 単結晶基板上に少なくとも2つの異なる導電型を含む半導体多層膜を形成する工程と、前記単結晶基板を半導体多層膜より分離する工程と、前記半導体多層膜の上下に電極を形成する工程と、前記電極のいずれか一方に金属膜を形成する工程を含むことを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項15】 前記単結晶基板を半導体多層膜より分離する工程において、前記単結晶基板裏面より光を照射し、照射した光が単結晶基板では吸収されず半導体多層膜の一部にて吸収され、前記半導体多層膜の内部に前記半導体多層膜が分解してなる層を形成することで分離を行うことを特徴とする請求項14記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項16】 前記単結晶基板を半導体多層膜より分離する工程において、前記単結晶基板を研磨により除去して分離を行うことを特徴とする請求項14記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項17】 前記単結晶基板裏面より光を照射する工程の前に前記半導体多層膜の形成を中断し、前記光を照射する工程の後に前記半導体多層膜の形成を再開することを特徴とする請求項14記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項18】 前記単結晶基板裏面より光を照射する工程の前に、前記半導体多層膜に接する形で誘電体膜または第2の半導体多層膜を形成する工程と、前記誘電体膜または半導体多層膜をパターンニングする工程と、前記パターンニングさ

れた誘電体膜または第2の半導体多層膜の上に金属膜を形成する工程とを有することを特徴とする請求項14記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項19】 前記単結晶基板裏面より光を照射する工程の後に、前記単結晶基板に接していた半導体多層膜の前記単結晶基板に接していた側に第2の金属膜を形成する工程とを有することを特徴とする請求項18記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項20】 前記単結晶基板の裏面より光を照射する工程の前に前記半導体多層膜に異種材料を接着させる工程を有し、前記光を照射する工程の後に前記異種材料を前記半導体多層膜より分離する工程を有することを特徴とする、請求項14記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項21】 前記異種材料を接着させる工程、及び前記異種材料を分離する工程がそれぞれ少なくとも2回行われることを特徴とする請求項20記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項22】 前記半導体多層膜に接着させる異種材料として高分子材料フィルム、半導体単結晶基板または金属基板を用いることを特徴とする請求項20または21記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項23】 前記半導体多層膜に接着させる異種材料として高分子材料フィルムを用い、前記高分子材料フィルムとして、一部に加熱して接着力がなくなるフィルムを用いることを特徴とする請求項22記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項24】 前記単結晶基板裏面より照射する光の光源がパルス状に発振するレーザであることを特徴とする請求項14記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項25】 前記単結晶基板裏面より照射する光の光源が、水銀灯の輝線であることを特徴とする請求項22記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項26】 前記単結晶基板裏面より照射する光が面内をスキャンする形で照射されることを特徴とする請求項22記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項27】 前記単結晶基板裏面より光を照射する際に前記単結晶基板を加熱することを特徴とする請求項14記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 28】 半導体多層膜に異種材料が接着された単結晶基板に対し、異種材料を含む形でダイシング及びダイス・ボンディングを行い、パッケージあるいはリードフレームに前記半導体多層膜及び異種材料を含むチップ構造を接着した後に異種材料を分離することを特徴とする半導体発光素子の実装方法。

【請求項 29】 前記半導体多層膜に接着された異種材料が高分子材料フィルムにより構成されることを特徴とする請求項 28 記載の半導体発光素子の実装方法。

【請求項 30】 前記半導体多層膜に接着された高分子材料フィルムの一部に加熱することで接着力がなくなる接着層が形成されていることを特徴とする、請求項 28 記載の半導体発光素子の実装方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば短波長発光ダイオードに適用できる半導体発光素子及びその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

一般式が $B_z A_{1-x} G a_{1-x-y-z} I n_y N_{1-v-w} A s_v P_w$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq z \leq 1$, $0 \leq x+y+z \leq 1$, $0 \leq v \leq 1$, $0 \leq w \leq 1$, $0 \leq v+w \leq 1$) で表される III-V 族窒化物半導体（一般に $B A I G a I n N A s P$ と表記される、以下 $G a N$ 系半導体という）は、例えば $G a N$ の場合、室温での禁制帯幅が 3.4 eV と広い禁制帯幅を有するため、青色・緑色といった可視域発光ダイオード、短波長半導体レーザといった発光デバイスや、高温動作あるいは高速大電力トランジスタなど幅広い応用が期待され、特に発光デバイスは既に発光ダイオード、半導体レーザが商品化されるに至っている。発光ダイオードは各種表示用や白色 LED として照明用途も視野に入れて開発が進められ、半導体レーザは高密度・大容量光ディスクへの応用を目指し開発が活発に行われている。また、特に発光ダイオードは、すでに青色・緑色が各種表示、大型ディスプレイや信号機で実用化されており、また蛍光材料を励起することで発光する白色発光ダイオ

ードは現行蛍光灯、白熱灯を置き換える半導体照明の実現に向け、その高輝度化・発光効率改善に向けて研究開発が活発に進められている。

【0003】

これまでは、Ga N系半導体では他のワイドギャップ半導体と同様、結晶成長が困難であったが、最近になって有機金属気相成長 (Metal Organic Chemical Vapor Deposition: MOCVD) を中心とする結晶成長技術が大きく進展したため、前述の発光ダイオードが実用化されるに至っている。また、Ga N系半導体ではGa N基板の実現が困難であり、SiやGa Asで用いられているような、エピタキシャル成長層と同一基板上への成長が行えないため、一般に別材料を基板として結晶成長するヘテロエピタキシャル成長が行われる。これまでに最も広く用いられ、最も優れたデバイス特性を示しているのがサファイア基板上への結晶成長である。サファイアはGa N系半導体と同じ六方晶の結晶構造を有しており、熱的に非常に安定であるため、1000℃以上という高温が必要なGa N系半導体の結晶成長に適している。これまでは主にこのサファイア基板上にエピタキシャル成長した層を用いてGa N系発光ダイオードの高輝度化・発光効率改善が行われてきた。高輝度化に向けては、結晶性を向上させ非発光再結合を抑制し内部量子効率を向上させること、光の取り出し効率を改善することが重要である。ところが、前述の通り結晶成長技術が進展し内部量子効率の向上は限界に近づいてきているため、最近では光の取り出し効率の向上が重要になってきている。これまでに光の取り出し効率改善に向けては以下の2つのアプローチについて報告がある。まず一つめの方法がp層側にNi/Auなどの薄膜電極を形成し、発光した可視光が電極を通して取り出される構成とする方法である。本方法は特開平7-94782号公報に詳細な説明が記載されている。この方法では基板方向に発光した光はうまく取り出されずに、発光効率の改善には限界がある。二つめの方法がフリップチップ実装を用い、サファイア基板側から光を取り出す方法である。ここではp層側の電極を高反射電極とし、p電極、n電極をパッケージあるいはサブマウントヘフリップ実装し、光が電極で反射されサファイア基板側から取り出される構成となっている。本方法については特開平11-191641号公報に詳細な説明が記載されている。

【0004】

以下、前述のサファイア基板を用いた半導体発光素子及びその製造方法の2種類のアプローチについて説明する。

【0005】

なお、以下例えば $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x-y}\text{In}_y\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x + y \leq 1$) は AlGaInN と表記され、また、 n 型 AlGaInN 層2と AlGaInN 活性層等、互いに異なる層の Al 、 Ga 、 In 組成は一般に異なるものとする。

【0006】

図16は第1の従来例における GaN 系半導体を用いた発光ダイオードの構造を示す断面図である。この発光ダイオードは、 n 型 AlGaInN 層2、 AlGaInN 活性層3、 p 型 AlGaInN 層4、サファイア基板8、 Ti/Al 電極14、 Ni/Au 透明電極19、 Al 電極20よりなる。

【0007】

図16に示す発光ダイオードの製造方法は以下の通りである。まず、サファイア基板8上に例えばMOCVD法により、 n 型 AlGaInN 層2、 AlGaInN 活性層3、 p 型 AlGaInN 層4をこの順に形成する。ここでは AlGaInN 活性層3には量子井戸構造を含む形でも良い。 n 型 AlGaInN 層2はアンドープ層の上に例えば Si などの不純物が添加された層が形成された形でも良い。このウエハに対し n 層側電極取り出しのために p 型 AlGaInN 層4のエッチングを例えば Cl_2 ガスを用いたドライエッチングにより行う。これに続いて、 n 層側には Ti/Al 電極14、 p 層側には Ni/Au 透明電極19を形成する。透明電極とするために電極の膜厚は10nmかそれ以下とする必要がある。続いて n 層側のボンディングパッド形成のため Al 電極を Ni/Au 透明電極19上に選択的に形成する。透明電極を使用することにより、 AlGaInN 活性層3からの例えば470nmの青色発光はその大部分が Ni/Au 透明電極19を透過し外部へ取り出されるので、高輝度発光が可能である。

【0008】

続いて、第2の従来例である発光ダイオードの構造及び製造方法について説明

する。

【0009】

図17は第2の従来例におけるGa_{0.5}In_{0.5}N系半導体を用いた発光ダイオードの構造を示す断面図である。この発光ダイオードは、n型AlGaInN層2、AlGaInN活性層3、p型AlGaInN層4、サファイア基板8、Ti/Al電極14、Ni電極21、Agバンプ22、保護ダイオード付きサブマウント表面23よりなる。

【0010】

図17に示す発光ダイオードの製造方法は以下の通りである。まず、図16の第1の従来例と同様、サファイア基板8上に例えばMOCVD法により、n型AlGaInN層2、AlGaInN活性層3、p型AlGaInN層4をこの順に形成した後に、n層側電極取り出しのためにp型AlGaInN層4のエッチングを例えばCl₂ガスを用いたドライエッチングにより行う。これに続いて、n層側にはTi/Al電極14、p層側にはNi電極21とその上にAgバンプ22を形成する。サファイア基板を研磨し薄膜化した後にチップを得るためのダイシングを行い、サブマウントへ図17に示す通り、Agバンプ22を用いフリップチップ・ボンディングを行う。ここではサファイア基板が絶縁物であるために静電耐圧が小さく、この対策のため、サージ電圧が印加された場合に電流がチップを流れないように保護ダイオード付きのサブマウントを使用している。Agバンプ22は青色に対し高反射率を有するため、この高反射電極構造とフリップチップ実装の使用により、AlGaInN活性層3からの例えば470nmの青色発光はその大部分が高反射電極で反射された後サファイア基板を透過し外部へ取り出されるので、高輝度発光が可能である。また同時に保護ダイオード付きサブマウントを使用しており、静電耐圧が大きくなっている。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の半導体発光素子及びその製造方法及びその実装方法では、図16、17に示す通り、発光ダイオードのデバイス構造がサファイア基板上に形成されているため、放熱が悪く高出力動作に限界がある。また絶縁性基板上

に形成されているため静電耐圧が低く、図17に示すような保護ダイオードが必要であるなど、実装面でコストが大きくなるという課題があった。さらに電極を同一面内で形成する必要がある、直列抵抗が大きく、その結果動作電圧が大きくなるという課題があった。

【0012】

本発明は前述の技術的課題に鑑み、Ga_xN_{1-x}系化合物半導体を用いた半導体発光素子及びその製造方法において、放熱を改善し高出力動作が可能であり、静電耐圧が大きく、さらに直列抵抗が小さく低電圧動作が可能な半導体発光素子およびその製造方法及びその実装方法を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明の半導体発光素子においては、Ga_xN_{1-x}系発光ダイオード構造のエピタキシャル成長層の両面に電極が形成されており、その電極のいずれか一つが高反射率となるような電極材料で構成されており、その高反射率電極の下部に金属厚膜が形成されている構成となっている。高反射率電極でない一方の電極は電極の大きさをできるだけ小さくする、あるいは透明電極とすることにより、光の吸収ができるだけ少なく、より多くの光がこの側から取り出されるような構成となっている。ここで、高反射率電極での反射率、即ち光の取り出し効率をさらに高めるために、高反射率となる誘電体ミラー構造が電極とGa_xN_{1-x}系半導体層の間に選択的に形成される構造としても良い。本発明の製造方法においては、サファイア基板上に、前述のAlGaInNを含むp-n接合からなるGa_xN_{1-x}系発光ダイオードのデバイス構造を、エピタキシャル成長した後に、高出力短波長パルスレーザを照射することにより、界面付近でGa_xN_{1-x}系半導体層を分解させp-n接合構造をサファイア基板から分離する工程と、電極金属を下地層として、金属厚膜を形成する構成となっている。

【0014】

このような構成とすることにより、高反射電極により発光効率は増加し、またサファイアを除去し金属厚膜を発光層下部に配置することで放熱が大幅に改善されるとともに、絶縁性基板を分離しているので静電耐圧が大きく向上する。

【 0 0 1 5 】

具体的には、少なくとも2つの異なる導電型を含む半導体多層膜と、前記半導体多層膜の上下にそれぞれ形成された複数の電極と、前記複数の電極のいずれかに接しかつ半導体多層膜の膜厚以上の膜厚を有する金属膜とを備えた構成となっている。

【 0 0 1 6 】

このような構成とすることにより、半導体多層膜の上下に電極が形成されかつ一方の電極には金属膜が接する形で形成されているので、直列抵抗が少なく、かつ放熱に優れ大出力動作が可能な発光ダイオード構造を実現することが可能となる。

【 0 0 1 7 】

また、本発明の半導体発光素子は、さらに前記金属膜の膜厚が $10\mu\text{m}$ 以上であることが好ましい。

【 0 0 1 8 】

本発明の半導体発光素子は、さらに前記金属膜がAuあるいはCuあるいはAgのいずれかにより構成されていることが好ましい。この好ましい構成によれば、AuあるいはCuあるいはAgよりなる膜の熱伝導率が大きいのので、さらに放熱が改善され大出力動作可能な発光ダイオードを実現することが可能となる。

【 0 0 1 9 】

本発明の半導体発光素子は、さらに前記金属膜がメッキにより形成された膜であることが好ましい。この好ましい構成によれば、金属膜の形成が短時間で再現性良く行え、結果として熱伝導率が大きく、さらに放熱が改善され大出力動作可能な発光ダイオードを低コストで実現することが可能となる。

【 0 0 2 0 】

本発明の半導体発光素子は、さらに前記半導体膜に接していない部分の金属の融点が 300°C 以下であることが好ましい。この好ましい構成によれば、金属膜に接する形で、例えば半田材料等の融点 300°C 以下である金属が形成されており、前記発光素子をパッケージあるいはリードフレームにダイス・ボンディングする場合には、ボンディング時に半田を接着する必要がなく、低コストでかつ再

現性良く発光ダイオードのダイス・ボンディングを行うことが可能となる。

【0021】

本発明の半導体発光素子は、さらに前記半導体多層膜に接していない部分の金属として錫を含有することが好ましい。

【0022】

本発明の半導体発光素子は、さらに前記電極のうち、前記金属膜と接触している部分の反射率が、半導体多層膜より発光する光に対して90%以上であることが好ましい。この好ましい構成によれば、半導体多層膜の一方に側に形成された反射率90%以上を有する電極が金属膜と半導体多層膜の間に形成されており、光の取り出し効率が改善され発光ダイオードの高輝度化を実現することが可能となる。

【0023】

本発明の半導体発光素子は、さらに前記半導体多層膜に接し、かつ前記金属膜と接触している電極がAu、Pt、Cu、AgまたはRdの少なくとも一つ、またはこれらの多層膜で構成されることが好ましい。この好ましい構成によれば、AuあるいはPtあるいはCuあるいはAgあるいはRdの少なくとも一つあるいはこれらの多層膜で構成される電極を半導体多層膜の一方に形成することにより、反射率90%以上を有する電極が金属膜と半導体多層膜の間に形成されている構造を容易に実現でき、光の取り出し効率が改善され発光ダイオードの高輝度化を実現することが可能となる。

【0024】

本発明の半導体発光素子は、さらに前記半導体多層膜と前記金属膜との間に誘電体膜または半導体多層膜のミラー構造が形成され、前記ミラー構造の反射率が半導体多層膜より発光する光に対して90%以上であることが好ましい。この好ましい構成によれば、半導体多層膜の一方の側に形成された反射率90%以上を有する誘電体膜あるいは半導体多層膜の多層膜構造が金属膜と半導体多層膜の間に形成されており、反射率の大きな単一材料の電極を用いる場合に比べて、光の取り出し効率が改善され発光ダイオードの高輝度化を実現することが可能となる。

【 0 0 2 5 】

本発明の半導体発光素子は、さらに前記半導体多層膜に接する電極のうち、前記金属膜と接触している以外の部分が透光性電極であることが好ましい。この好ましい構成によれば、半導体多層膜からの発光が透光性電極を透過し取り出されるので、光の取り出し効率が改善され発光ダイオードの高輝度化を実現することが可能となる。

【 0 0 2 6 】

本発明の半導体発光素子は、さらに前記半導体多層膜に接する形で形成された電極のうち、金属膜と接触しない電極がインジウム錫酸化物または膜厚が20 nm以下のニッケルを含む金属であることが好ましい。この好ましい構成によれば、金属膜と接触しない電極がインジウム錫酸化物（以下ITOという）、あるいはNiを含み膜厚が20 nm以下であるためにこれらの電極材料は可視域発光の透過率が大きく、半導体多層膜からの発光が透光性電極を透過し取り出される構造を容易に実現でき、光の取り出し効率が改善され発光ダイオードの高輝度化を実現することが可能となる。

【 0 0 2 7 】

本発明の半導体発光素子は、さらに前記多層膜構造が SiO_2 、 TiO_2 、 Nb_2O_5 、 Ta_2O_5 、 HfO_2 または AlGaInN のいずれかを含み、半導体多層膜からの発光波長に対する屈折率が周期的に変化することが好ましい。この好ましい構成によれば、半導体多層膜の一方の側に形成された反射率90%以上を有する誘電体膜あるいは半導体多層膜の多層膜構造において各層間の屈折率差の大きな構成を実現できるので、層数が少なくかつ反射率の大きな多層膜構造を金属膜と半導体多層膜の間に形成できるので、光の取り出し効率がさらに改善され発光ダイオードの高輝度化を実現することが可能となる。

【 0 0 2 8 】

本発明の半導体発光素子の製造方法は、単結晶基板上にpn接合を形成する半導体多層膜を形成する工程と、前記単結晶基板を半導体多層膜より分離する工程と、前記半導体多層膜の上下に電極を形成する工程と、前記電極のいずれか一方に金属膜を形成する工程を含むものである。

【0029】

この構成により、半導体多層膜の上下に電極が形成されかつ一方の電極には金属膜が接する形で形成されているので、放熱に優れ大出力動作が可能な発光ダイオード構造を作製することが可能となり、また単結晶基板として絶縁性基板を使用した場合でも、前記単結晶基板を分離しているのので、直列抵抗の小さな発光ダイオード構造を作製することが可能となる。

【0030】

本発明の半導体発光素子の製造方法は、さらに前記単結晶基板を半導体多層膜より分離する工程において、前記単結晶基板裏面より光を照射し、照射した光が単結晶基板では吸収されず半導体多層膜の一部にて吸収され、前記半導体多層膜の内部に前記半導体多層膜が分解してなる層を形成することで分離を行うことが好ましい。この好ましい構成によれば、単結晶基板上に形成された半導体多層膜の裏面より光を照射することにより半導体多層膜の一部を分解することができるので、単結晶基板と半導体多層膜とを大面積でかつ再現性良く分離することが可能となる。

【0031】

本発明の半導体発光素子の製造方法は、さらに前記単結晶基板を半導体多層膜より分離する工程において、前記単結晶基板を研磨により除去して分離を行うことが好ましい。この好ましい構成によれば、単結晶基板を研磨により除去することで、大面積かつ低コストにて半導体多層膜を分離することが可能となる。

【0032】

本発明の半導体発光素子の製造方法は、さらに前記単結晶基板を半導体多層膜より分離する工程において、前記単結晶基板を研磨により除去して分離を行うことが好ましい。この好ましい構成によれば、半導体多層膜は半導体多層膜の一部が分解した層を介して単結晶基板と緩やかに接続されており、前記半導体多層膜上にさらに半導体多層膜を形成し、この再成長した半導体多層膜が例えば発光ダイオードのデバイス構造を含む場合には、単結晶基板と半導体多層膜との間の熱膨張係数の差や格子不整合の影響を受けずに、良好な結晶性を有し、高輝度の発光ダイオードや半導体レーザを形成することが可能となる。

【0033】

本発明の半導体発光素子の製造方法は、さらに前記単結晶基板裏面より光を照射する工程の前に、前記半導体多層膜に接する形で誘電体膜または第2の半導体多層膜を形成する工程と、前記誘電体膜または半導体多層膜をパターンニングする工程と、前記パターンニングされた誘電体膜または第2の半導体多層膜の上に金属膜を形成する工程とを有することが好ましい。この好ましい構成によれば、一般に低抵抗化が困難である誘電体膜または半導体多層膜の間に金属膜を形成し、ここから電流を注入する発光素子を形成できるので、前記誘電体膜または半導体多層膜により高反射率を実現し、かつ十分な注入電流を得て高輝度発光素子を実現することができる。

【0034】

本発明の半導体発光素子の製造方法は、さらに前記単結晶基板裏面より光を照射する工程の後に、前記単結晶基板に接していた半導体多層膜の前記単結晶基板に接していた側に第2の金属膜を形成する工程とを有することが好ましい。この好ましい構成によれば、光照射により半導体多層膜の上下に電極を設けることができ、半導体発光素子の直列抵抗を低減することができる。

【0035】

本発明の半導体発光素子の製造方法は、さらに前記単結晶基板裏面より光を照射する工程の前に前記半導体多層膜の形成を中断し、前記光を照射する工程の後に前記半導体多層膜の形成を再開することが好ましい。この好ましい構成によれば、前記半導体薄膜は半導体薄膜の一部が分解した層を介して単結晶基板と緩やかに接続されており、前記半導体薄膜上にさらに半導体薄膜を形成し、この再成長した半導体薄膜が例えば発光ダイオードのデバイス構造を含む場合には、単結晶基板と半導体薄膜の間の熱膨張係数の差や格子不整合の影響を受けずに、良好な結晶性を有し、高輝度の発光ダイオードを形成することが可能となる。

【0036】

本発明の半導体発光素子の製造方法は、さらに前記単結晶基板の裏面より光を照射する工程の前に前記半導体多層膜に異種材料を接着させる工程を有し、前記光を照射する工程の後に前記異種材料を前記半導体多層膜より分離する工程を有

することが好ましい。この好ましい構成によれば、半導体多層膜に例えば高分子フィルムや半導体基板といった異種基板を接着した後に、単結晶基板裏面より光を照射し半導体多層膜の一部を分解することにより、半導体多層膜の分解によって膜中のストレスが緩和される過程での半導体多層膜でのクラック発生を抑制し、大面積にてクラックを発生させずに半導体多層膜を分離することが可能となる。

【0037】

本発明の半導体発光素子の製造方法は、さらに前記半導体多層膜に接着させる異種材料を接着させる工程及び分離する工程がそれぞれ、少なくとも2回以上行われることが好ましい。この好ましい構成によれば、前記半導体多層膜を単結晶基板より分離した後に、前記半導体多層膜の任意の表面に電極形成や前記金属膜のパターニング等のプロセス工程を行うことが可能となり、結果として高輝度・高出力動作が可能な発光ダイオードを作製することが可能となる。

【0038】

本発明の半導体発光素子の製造方法は、さらに前記半導体多層膜に接着させる異種材料として高分子材料フィルム、半導体単結晶基板または金属基板を用いることが好ましい。この好ましい構成によれば、異種基板として高分子材料フィルムあるいは金属基板の場合は可塑性に優れている、あるいは半導体単結晶基板の場合は劈開性に優れているといった特徴があり、前述の単結晶基板分離の工程がより容易に行えたとともに、前記異種基板を接着した後に、単結晶基板裏面より光を照射し半導体多層膜の一部を分解することにより、半導体多層膜の分解によって膜中のストレスが緩和される過程での半導体多層膜でのクラック発生を抑制し、大面積にてクラックを発生させずに半導体多層膜を分離することが可能となる。

【0039】

本発明の半導体発光素子の製造方法は、さらに前記半導体多層膜に接着させる異種材料として高分子材料フィルム、半導体単結晶基板または金属基板を用いることが好ましい。この好ましい構成によれば、異種材料として接着する高分子材料フィルムの分離が単結晶基板を加熱することにより行え、接着剤が残留すると

いった汚染の問題がなくより容易に、前記異種材料の分離を行うことが可能となる。

【 0 0 4 0 】

本発明の半導体発光素子の製造方法は、さらに前記半導体多層膜に接着させる異種材料として高分子材料フィルムを用い、前記高分子材料フィルムとして、一部に加熱して接着力がなくなるフィルムを用いることが好ましい。この好ましい構成によれば、前記半導体多層膜を単結晶基板より分離した後に、前記半導体多層膜の任意の表面に電極形成や前記金属膜のパターニング等のプロセス工程を行うことが可能な製造方法において、異種材料として接着する高分子材料フィルムの分離がウエハを加熱することにより行え、接着剤が残留するといった汚染の問題がなくより容易に、前記異種材料の分離を複数回以上行うことが可能となる。

【 0 0 4 1 】

本発明の半導体発光素子の製造方法は、さらに前記単結晶基板裏面より照射する光の光源が、パルス状に発振するレーザであるかあるいは水銀灯の輝線であることが好ましい。この好ましい構成によれば、照射する光の光源をパルス状に発振するレーザとした場合には、光の出力パワーを著しく増加させることができ半導体多層膜の分離が容易になる。光源を水銀灯の輝線とした場合には、光パワーではレーザに劣るものの、スポットサイズを大きくでき、前述の工程を短時間で行うことが可能となる。

【 0 0 4 2 】

本発明の半導体発光素子の製造方法は、さらに前記単結晶基板裏面より照射する光が面内をスキャンする形で照射されることが好ましい。この好ましい構成によれば、光源のビームサイズに影響されることなく、大面積で半導体多層膜を分離することが可能となる。

【 0 0 4 3 】

本発明の半導体発光素子の製造方法は、さらに前記単結晶基板裏面より光を照射する際に前記単結晶基板を加熱することが好ましい。この好ましい構成によれば、前記単結晶基板を加熱することで結晶成長後の冷却過程に生じる、半導体多層膜と単結晶基板の熱膨張係数の差および格子不整合による半導体多層膜中のス

トレスが緩和され、半導体基板を分離する際のクラック発生を防止することが可能となる。

【0044】

本発明の半導体発光素子の実装方法は、半導体多層膜に異種材料が接着された単結晶基板に対し、異種材料を含む形でダイシング及びダイス・ボンディングを行い、パッケージあるいはリードフレームに前記半導体薄膜及び異種材料を含むチップ構造を接着した後に異種材料を分離するものである。この構成により、半導体多層膜が例えば数 μm 以下と非常に薄い場合でも異種材料を保持材としてダイス・ボンディングできるので、非常に薄い半導体発光素子を実装することが可能となる。

【0045】

本発明の半導体発光素子の実装方法は、さらに前記半導体多層膜に接着された異種材料が高分子材料フィルムにより構成されていることが好ましい。この好ましい構成によれば、高分子材料フィルムは可塑性に富み、半導体薄膜の反りの影響を受けずに大面積チップを実装することが可能となる。

【0046】

本発明の半導体発光素子の実装方法は、さらに前記半導体薄膜に接着された高分子材料フィルムの一部に加熱することで接着力がなくなる接着層が形成されていることが好ましい。この好ましい構成によれば、高分子材料フィルムを含む半導体発光素子チップを、例えばパッケージやリードフレームへのダイス・ボンディング後に接着剤除去剤の使用等の工程を行わず、加熱のみで高分子材料フィルムを分離でき実装をより容易に行うことが可能となる。

【0047】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。

【0048】

(第1の実施の形態)

図1は、本発明の第1の実施の形態における半導体発光素子の断面図である。同図において、半導体発光素子はAu電極1、n型AlGaInN層2、AlG

a I n N 活性層 3、p 型 A l G a I n N 層 4、T i / A u 電極 5、A u メッキ 6、I T O 透明電極 7 により構成される。

【 0 0 4 9 】

この図 1 に示す半導体発光素子は、青色・緑色等短波長発光可能な G a N 系発光ダイオードの構造である。半導体多層構造として上から p 型 A l G a I n N 層 4、A l G a I n N 活性層 3、n 型 A l G a I n N 層 2 がこの順に形成されており、p 型 A l G a I n N 層 4 の上には I T O 透明電極 7 が、さらに I T O 透明電極 7 の表面の一部に接する形で A u 電極 1 が形成されている。n 型 A l G a I n N 層 2 の下側には T i / A u 電極 5 が形成され、この T i / A u 電極 5 の A u 層を下地層として厚さ約 $50\mu\text{m}$ の A u メッキ 6 が形成されている。ここで、A l G a I n N 活性層 3 は、例えば I n G a N 量子井戸構造であってもよい。A l G a I n N 活性層 3 で生じた例えば波長 470nm の青色発光は T i / A u 電極 5 で反射され、また I T O 透明電極 7 を透過し取り出される。

【 0 0 5 0 】

従って、本実施の形態では、発光ダイオード構造の下部に金属電極が形成されており、発光が前記電極を反射し、また透明電極を透過し取り出されるので、光の取り出し効率が大幅に改善されるとともに、A u メッキ層を介して発光層で生じた熱が拡散され放熱に優れており高出力動作が可能となる。また絶縁性基板を含んでいないので静電耐圧が向上する。

【 0 0 5 1 】

図 1 に示す半導体発光素子の構造を作製するためには、例えば、図 2、3 に示す製造方法が考えられる。図 2、3 は、本発明の第 1 の実施の形態における半導体発光素子の製造方法及び実装方法を示す構成図である。同図において、各構成は、A u 電極 1、n 型 A l G a I n N 層 2、A l G a I n N 活性層 3、p 型 A l G a I n N 層 4、T i / A u 電極 5、A u メッキ 6、I T O 透明電極 7、サファイア基板 8、高分子フィルム保持材 9、ダイシング・ブレード 10、コレット 11、P b S n 半田 12、パッケージ表面 13 を示す。

【 0 0 5 2 】

まず、例えばサファイア基板 1 上に有機金属気相成長法 (Metal Organic Chemi

cal Vapor Deposition: MOCVD)により、 n 型AlGaInN層2、AlGaInN活性層3、 p 型AlGaInN層4をこの順に形成した後に、図2(a)に示す通りITO透明電極7とAu電極1を形成する。ITO透明電極7はAlGaInN活性層3からの発光を透過する。Au電極1はワイヤ・ボンディング用のパッドで膜厚は500nm以上であることが望ましい。ITO透明電極は例えばRFスパッタ法により、Au電極1は例えば電子ビーム蒸着により形成する。

【0053】

この p 型AlGaInN層4及び p 層側電極(Au電極1)に厚さ約100 μ mの高分子フィルム保持材9を接着する。高分子フィルムは例えば、ポリエステルからなり加熱することにより発泡し接着力がなくなる接着層を介して p 型AlGaInN層4あるいはITO透明電極7あるいはAu電極1に接続されている。続いて、サファイア基板8の裏面から、KrFエキシマレーザ(波長248nm)をウエハ面内をスキャンする形で照射する(図2(b))。照射されたレーザ光はサファイア基板8で吸収されず、GaNでのみ吸収されるので、局所的な発熱によりサファイア基板8との界面付近にてGaNの結合が分解する。これによりサファイア基板8が分離し、GaN系半導体からなるデバイス構造を得ることができる。使用する光源としてはYAGレーザの第三高調波(波長355nm)、あるいは水銀灯輝線(波長365nm)を使用しても良い。また、基板を分離する方法としては、研磨による基板除去を行ってもよい。ここでは光照射後界面に金属Gaを含む層を形成した状態で発光ダイオードのデバイス構造を再成長を行う工程を含む形でも良い。この場合はサファイア基板8の分離は再成長後に追加でレーザ照射を行うかあるいは界面のGaを例えばHClなどによりウエットエッチングする形でも良い。この再成長では界面にGaを含む金属膜を有した形で再成長を行うので、サファイアとGaNの熱膨張係数の差の影響を受けずに結晶性の改善及びクラック低減が可能となる。前述の通り、サファイア基板8より分離したAlGaInN層の n 層側にTi/Au電極5を例えば電子ビーム蒸着により形成する。

【0054】

このTi/Au電極5のAu層を下地電極として、厚さ約50 μ mのAuメッキ6を形成する(図2(c))。

【0055】

さらにAuメッキ6及びTi/Au電極5を図2(d)に示す通り、チップサイズに合わせて選択的にエッチングする。高分子フィルム保持材9を用いて、Auメッキ6等の工程を行っており、例えば5 μ m程度と薄い発光ダイオード構造を問題なく処理することができる。

【0056】

前記選択的にAuメッキ6が除去された部分でチップが分割されるようにチップのダイシングを、ダイシングブレード10を用いて行う(図3(e))。ここでは、高分子フィルム保持材9も含めてダイシングし、高分子フィルム保持材9を接着した状態で例えば約300 μ m角の発光ダイオードチップを作製する(図3(f))。

【0057】

この分割したチップをダイス・ボンダにてコレット11で吸着し、PbSn半田12を介してパッケージ表面にボンディングする(図3(g))。この際、チップが例えば200℃に加熱されており、前述の通り高分子フィルム保持材は加熱することで発泡し接着力がなくなる接着層を介して発光ダイオード構造に密着しており、ダイスボンディング後発光ダイオード構造より容易に分離できる。従って図3(h)に示す通り、発光ダイオードチップをパッケージ表面にダイス・ボンディングすることができる。このような実装方法により、約50 μ m程度と薄いチップを容易にダイス・ボンディングすることが可能となる。ここで、Auメッキ6に加えて、例えばAuSn層(融点280℃)をメッキにより形成すればPbSn半田12を用いることなく、より容易にダイス・ボンディングを行うことができる。

【0058】

(第2の実施の形態)

図4は、本発明の第2の実施の形態における半導体発光素子の断面図である。同図において半導体発光素子は、n型AlGaInN層2、AlGaInN活性

層3、p型AlGaInN層4、Auメッキ6、Ti/Al電極14、Pt/Au高反射電極15、SiO₂薄膜16より構成される。

【0059】

図4に示す半導体発光素子は青色・緑色等短波長発光可能なGaN系発光ダイオードの構造を示している。上からn型AlGaInN層2、AlGaInN活性層3、p型AlGaInN層4がこの順に形成されており、n型AlGaInN層2の表面の一部に接する形でTi/Al電極14が形成されている。p型AlGaInN層4側にはSiO₂薄膜16に開口部が形成されて露出したp型AlGaInN層4部分にPt/Au高反射電極15が形成され、このPt/Au高反射電極15のAu層を下地層として厚さ約50μmのAuメッキ6が形成されている。ここではAlGaInN活性層3は、例えばInGaN量子井戸構造であってもよい。AlGaInN活性層3で生じた、例えば波長470nmの青色発光はPt/Au高反射電極15で反射され、またn型AlGaInN層2表面のTi/Al電極14の存在しない部分を透過し取り出される。

【0060】

従って、本実施の形態では、発光ダイオード構造の下部に金属電極が形成されており、発光が前記電極を反射した後に半導体多層膜層表面を透過し取り出されるので、第1の実施の形態と同様、光の取り出し効率が大幅に改善されるとともに、Auメッキ6を介して発光層で生じた熱が拡散され放熱に優れており高出力動作が可能となる。また絶縁性基板を含んでいないので静電耐圧が向上する。

【0061】

図4に示す半導体発光素子の構造を作製するためには、例えば、図5、6、7に示す製造方法が考えられる。図5、6、7は、本発明の第2の実施の形態における半導体発光素子の製造方法を示す構成図である。同図において、各構成は、n型AlGaInN層2、AlGaInN活性層3、p型AlGaInN層4、Auメッキ6、サファイア基板8、ダイシング・ブレード10、Ti/Al電極14、Pt/Au電極15、SiO₂薄膜16、第1の高分子フィルム保持材17、第2の高分子フィルム保持材18である。ここでは、例えばサファイア基板8上にMOCVD法により、n型AlGaInN層2、AlGaInN活性層3

p型AlGaInN層4をこの順に形成した後に、例えば気相堆積法 (Chemical Vapor Deposition: CVD) により、SiO₂薄膜16を約300nm形成する。図5(a)に示す通り、SiO₂薄膜16を例えばフッ化水素酸を用いて選択的に除去し開口部のp型AlGaInN層4に接する形で電子ビーム蒸着によりPt/Au高反射電極15を形成する。

【0062】

このPt/Au電極15のAu層を下地層としてAuメッキ6を約50μm形成する(図5(b))。このAuメッキ6に厚さ約100μmの第1の高分子フィルム保持材17を接着する。高分子フィルムは例えば、ポリエステルからなり約120℃に加熱することにより発泡し接着力がなくなる接着層を介してAuメッキ6に接続されている。

【0063】

続いて、サファイア基板8裏面から、KrFエキシマレーザ(波長248nm)をウエハ面内をスキャンする形で照射する(図5(c))。第1の実施の形態と同様、照射されたレーザ光はサファイア基板8で吸収されず、GaNでのみ吸収されるので、局所的な発熱によりサファイア基板8との界面付近にてGaNの結合が分解する。これによりサファイア基板8が分離し、GaN系半導体からなるデバイス構造を得ることができる。

【0064】

このようにしてサファイア基板8より分離したAlGaInN層のn型AlGaInN層2側にTi/Al電極14を例えば電子ビーム蒸着により形成する(図6(d))。Ti厚さ約50nm、Al厚さ約800nmとして、このAl層をワイヤ・ボンディングを行うことができるのに十分な電極厚さとする。

【0065】

続いて図6(e)に示す通り、厚さ約100μmの第2の高分子フィルム保持材18をn型AlGaInN層2及びTi/Al電極14に接着する。高分子フィルムは例えば、ポリエステルからなり約170℃に加熱することにより発泡し接着力がなくなる接着層を介してn型AlGaInN層2に接続されている。この2つの高分子フィルム保持材でn型AlGaInN層2、AlGaInN層3

p型AlGaInN層4が挟まれた構造を約120℃に加熱する。前述の通り、第1の高分子フィルム保持材17の接着剤層が120℃の加熱により発泡し、n型AlGaInN層2、AlGaInN層3、p型AlGaInN層4より分離され、図6(f)に示す構造を得る。

【0066】

さらにAuメッキ6を図7(g)に示す通り、チップサイズに合わせて選択的にエッチングし、選択的にAuメッキ6が除去された部分でチップが分割されるようにチップのダイシングを、ダイシングブレード10を用いて行う(図7(h))。ここでは、第2の高分子フィルム保持材18の途中までダイシングされることとし、さらに第1の高分子フィルム保持材17に接着した発光ダイオード・チップを約170℃に加熱することで分離し、ダイス・ボンディング等組み立て工程を行う(図7(i))。このような工程により図4に示す発光ダイオード構造を得ることができ、高輝度かつ放熱・静電耐圧に優れ、直列抵抗の小さい発光ダイオードを得ることができる。

【0067】

(第3の実施の形態)

図8は、本発明の第3の実施の形態における半導体発光素子の断面図である。同図において半導体発光素子は、Au電極1、n型AlGaInN層2、AlGaInN活性層3、p型AlGaInN層4、Auメッキ6、ITO透明電極7、Pt/Au高反射電極15である。

【0068】

図8は青色・緑色等短波長発光可能なGaN系発光ダイオードの構造を示している。n型AlGaInN層2、AlGaInN活性層3、p型AlGaInN層4がこの順に形成されており、n型AlGaInN層2にはITO透明電極7が、さらにITO透明電極の表面の一部に接する形でAu電極1が形成されている。p型AlGaInN層4側にはPt/Au高反射電極15が形成され、このPt/Au高反射電極15のAu層を下地層として厚さ約50μmのAuメッキ6が形成されている。ここで、AlGaInN活性層3はInGaN量子井戸構造であってもよい。AlGaInN活性層3で生じた例えば波長470nmの青

色発光はPt/Au高反射電極15で反射され、またn型AlGaInN層2表面のITO透明電極7を透過し取り出される。

【0069】

従って、本実施の形態では、発光ダイオード構造の下部に金属電極が形成されており、発光が前記電極を反射した後に透明電極を透過し取り出されるので、第1、第2の実施の形態と同様、光の取り出し効率が大幅に改善されるとともに、Auメッキ6を介して発光層（活性層）で生じた熱が拡散され放熱に優れており高出力動作が可能となる。また絶縁性基板を含んでいないので静電耐圧が向上する。

【0070】

図8に示す半導体発光素子の構造を作製するためには、例えば、図9、10、11に示す製造方法が考えられる。図9、10、11は、本発明の第3の実施の形態における半導体発光素子の製造方法を示す構成図である。同図において各構成は、Au電極1、n型AlGaInN層2、AlGaInN活性層3、p型AlGaInN層4、Auメッキ6、サファイア基板8、ダイシング・ブレード10、Ti/Al電極14、Pt/Au高反射電極15、第1の高分子フィルム保持材17、第2の高分子フィルム保持材18である。ここでは、例えばサファイア基板8上にMOCVD法により、n型AlGaInN層2、AlGaInN活性層3、p型AlGaInN層4をこの順に形成した（図9（a））後に、p型AlGaInN層4に厚さ約100 μ mの第1の高分子フィルム保持材17を接着する。高分子フィルムは例えば、ポリエステルからなり約120℃に加熱することにより発泡し接着力がなくなる接着層を介してp型AlGaInN層4に接続されている。

【0071】

続いて、サファイア基板8裏面から、KrFエキシマレーザ（波長248nm）をウエハ面内をスキャンする形で照射する（図9（b））。第1、第2の実施の形態と同様、照射されたレーザ光はサファイア基板8で吸収されず、GaNでのみ吸収されるので、局所的な発熱によりサファイア基板8との界面付近にてGaNの結合が分解する。これによりサファイア基板8が分離し、GaN系半導体

からなるデバイス構造を得ることができる。

【0072】

このようにしてサファイア基板 8 より分離した n 型 AlGaInN 層 2、AlGaInN 活性層 3、p 型 AlGaInN 層 4 の、n 型 AlGaInN 層 2 側に図 9 (c) に示す通り ITO 透明電極 7 と Au 電極 1 を形成する。ITO 透明電極 7 は AlGaInN 活性層 3 からの発光を透過する。Au 電極 1 はワイヤ・ボンディング用のパッドで膜厚は 500 nm 以上であることが望ましい。ITO 透明電極 7 は例えば RF スパッタ法により、Au 電極 1 は例えば電子ビーム蒸着により形成する。

【0073】

続いて図 10 (d) に示す通り、厚さ約 100 μ m の第 2 の高分子フィルム保持材を n 型 AlGaInN 層 2、ITO 透明電極 7 及び Au 電極 1 に接着する。高分子フィルムは例えば、ポリエステルからなり約 170℃ に加熱することにより発泡し接着力がなくなる接着層を介して n 型 AlGaInN 層 2 に接続されている。この 2 つの高分子フィルム保持材で n 型 AlGaInN 層 2、AlGaInN 活性層 3、p 型 AlGaInN 層 4 が挟まれた構造を約 120℃ に加熱する。前述の通り、第 1 の高分子フィルム保持材 17 の接着剤層が 120℃ の加熱により発泡し、AlGaInN 層より分離され、図 10 (e) に示す構造を得る。

【0074】

露出した p 型 AlGaInN 層 4 の表面に、例えば電子ビーム蒸着により Pt / Au 高反射電極 15 を形成する。Pt 厚さは約 50 nm、Au 厚さは約 200 nm である。この Pt / Au 高反射電極 15 の Au 層を下地層として厚さ約 50 μ m の Au メッキ 6 を行う (図 10 (f))。さらに Au メッキ 6 を図 11 (g) に示す通り、チップサイズに合わせて選択的にエッチングし、選択的に Au メッキ 6 が除去された部分でチップが分割されるようにチップのダイシングを、ダイシングブレード 10 を用いて行う (図 11 (h))。ここでは、第 2 の高分子フィルム保持材 18 の途中までダイシングされることとし、さらに第 1 の高分子フィルム保持材 17 に接着した発光ダイオード・チップを約 170℃ に加熱することで分離し、ダイス・ボンディング等組み立て工程を行う (図 11 (i))。

このような工程により図8に示す発光ダイオード構造を得ることができ、高輝度かつ放熱・静電耐圧に優れ、直列抵抗の小さい発光ダイオードを得ることができる。

【0075】

(第4の実施の形態)

図12は、本発明の第4の実施の形態における半導体発光素子の断面図である。同図において半導体発光素子はAu電極1、n型AlGaInN層2、AlGaInN活性層3、p型AlGaInN層4、Auメッキ6、ITO透明電極7、Pt/Au高反射電極15、SiO₂/Ta₂O₅多層膜19より構成される。

【0076】

図12は青色・緑色等短波長発光可能なGaN系発光ダイオードの構造を示している。上からn型AlGaInN層2、AlGaInN活性層3、p型AlGaInN層4がこの順に形成されており、n型AlGaInN層2の表面に接する形でITO透明電極7、さらにITO透明電極7上部の一部にAu電極1が形成されている。p型AlGaInN層4側にはSiO₂/Ta₂O₅多層膜19が選択的に形成され、この多層膜はAlGaInN活性層3からの発光に対し高反射率が得られるように膜厚が構成されている。具体的にはSiO₂膜80nm、Ta₂O₅膜53nmが10ペア積層された構成となっており、各膜厚は発光波長を470nm(λ:光学波長)とした時のλ/4で反射率が最大になるよう設計されている。前記開口部が形成されて露出したp型AlGaInN層4部分と前記SiO₂/Ta₂O₅多層膜19に接する形でPt/Au高反射電極15が形成され、このPt/Au高反射電極15のAu層を下地層として厚さ約50μmのAuメッキ6が形成されている。ここで例えばAlGaInN活性層3はInGaN量子井戸構造であってもよい。AlGaInN活性層3で生じた例えば波長470nmの青色発光はSiO₂/Ta₂O₅多層膜19及びPt/Au高反射電極15で反射され、またITO透明電極7を透過し取り出される。

【0077】

従って、本実施の形態では、発光ダイオード構造の下部に金属電極及び高反射率を有する誘電体ミラー構造が形成されており、発光が前記電極及び多層膜ミラ

一構造を反射した後に透明電極を透過し取り出されるので、第1、第2、第3の実施の形態と同様、光の取り出し効率が大幅に改善されるとともに、Auメッキ層を介して発光層で生じた熱が拡散され放熱に優れており高出力動作が可能となる。また絶縁性基板を含んでいないので静電耐圧が向上する。ここでは $\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5$ 多層膜19をミラー構造として用いたが、ミラー構造として例えばエピタキシャル成長した InAlGaInN 多層膜によって構成され AlGaInN 層間の屈折率差により発光が高反射率にて反射される構成としても良い。

【0078】

図12に示す半導体発光素子の構造を作製するためには、例えば、図13、14、15に示す製造方法が考えられる。図13、14、15は、本発明の第4の実施の形態における半導体発光素子の製造方法を示す構成図である。同図において各構成は、Au電極1、n型 AlGaInN 層2、 AlGaInN 活性層3、p型 AlGaInN 層4、Auメッキ6、ITO透明電極7、サファイア基板8、ダイシング・ブレード10、Pt/Au高反射電極15、第1の高分子フィルム保持材17、第2の高分子フィルム保持材18を表す。ここでは、例えばサファイア基板8上にMOCVD法により、n型 AlGaInN 層2、 AlGaInN 活性層3、p型 AlGaInN 層4をこの順に形成した後に、例えばRFスパッタ法により $\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5$ 多層膜19を形成する(図13(a))。前述の通り、 SiO_2 膜80nm、 Ta_2O_5 膜53nmが10ペア積層された構成となっている。この多層膜を例えばフッ化水素酸を用いたウエットエッチングにより選択的に除去し開口部のp型 AlGaInN 層4に接する形で電子ビーム蒸着によりPt/Au高反射電極15を形成する。

【0079】

さらに前述のPt/Au電極のAu層を下地層としてAuメッキ層約50 μm を形成する(図13(b))。

【0080】

このAuメッキ層に厚さ約100 μm の第1の高分子フィルム保持材17を接着する。高分子フィルムは例えば、ポリエステルからなり約120℃に加熱することにより発泡し接着力がなくなる接着層を介してAuメッキ層に接続されてい

る。続いて、サファイア基板 8 裏面から YAG レーザの第 3 高調波（波長 355 nm）を、ウエハ面内をスキャンする形で照射する（図 13（c））。第 1、第 2、第 3 の実施の形態と同様、照射されたレーザ光はサファイア基板 8 で吸収されず、Ga_{0.5}N_{0.5}でのみ吸収されるので、局所的な発熱によりサファイア基板 8 との界面付近にて Ga_{0.5}N_{0.5}の結合が分解する。これによりサファイア基板 8 が分離し、Ga_{0.5}N_{0.5}系半導体からなるデバイス構造を得ることができる。このようにしてサファイア基板 8 より分離した n 型 AlGaInN 層 2、AlGaInN 活性層 3、p 型 AlGaInN 層 4 の、n 型 AlGaInN 層 2 側に ITO 透明電極 7 を、例えば RF スパッタ法により形成し、さらに ITO 透明電極 7 表面の一部に密着する形で Au 電極 1 を例えば電子ビーム蒸着により形成する（図 14（d））。Au 厚さを約 800 nm とし、この Au 層にワイヤ・ボンディングを行うことができるのに十分な電極厚さとする。

【0081】

続いて図 14（e）に示す通り、厚さ約 100 μ m の第 2 の高分子フィルム保持材 18 を n 型 AlGaInN 層 2、ITO 透明電極 7 及び Au 電極 1 に接着する。高分子フィルムは例えば、ポリエステルからなり約 170℃ に加熱することにより発泡し接着力がなくなる接着層を介して n 型 AlGaInN 層 2、ITO 透明電極 7 及び Au 電極 1 に接続されている。

【0082】

この 2 つの高分子フィルム保持材で n 型 AlGaInN 層 2、AlGaInN 活性層 3、p 型 AlGaInN 層 4 が挟まれた構造を約 120℃ に加熱する。前述の通り、第 1 の高分子フィルム保持材 17 の接着剤層が 120℃ の加熱により発泡し、Au メッキ 6 より分離され、図 14（f）に示す構造を得る。

【0083】

さらに Au メッキ 6 を図 15（g）に示す通り、チップサイズに合わせて選択的にエッチングし、選択的に Au メッキ 6 が除去された部分でチップが分割されるようにチップのダイシングを行う。ここでは、第 2 の高分子フィルム保持材 18 の途中までダイシング・ブレード 10 を用いてダイシングされることとし（図 15（h））、さらに第 2 の高分子フィルム保持材 18 に接着した発光ダイオー

ド・チップを約170℃に加熱することで分離し、ダイス・ボンディング等組み立て工程を行う(図15(i))。このような工程により図12に示す発光ダイオード構造を得ることができ、高輝度かつ放熱・静電耐圧に優れ、直列抵抗の小さい発光ダイオードを得ることができる。

【0084】

なお、ここで $\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5$ 多層膜19を高反射率ミラーとして形成したが、p型 AlGaInN 層4上に GaN 系材料の多層膜からなる同様の高反射率ミラーを形成し、この多層エピタキシャル層を例えば Cl_2 ガスを用いた反応性イオンエッチング(Reactive Ion Etching: RIE)を用いて選択的に除去する形でも良い。

【0085】

前記の第1ないし第4の実施の形態で用いたサファイア基板8はいかなる面方位でも良く、また(0001)面等の代表面からオフアングルのついた面方位であっても良い。

【0086】

また、 GaN 薄膜の結晶成長方法はMOCVDでなく、例えば、MBE法あるいはHVPE法による層を含む形でも良い。

【0087】

また、 GaN 薄膜あるいは GaN 系半導体デバイス構造の部分は、照射したレーザー光を吸収する部分が膜中に存在する限りは例えば AlGaN や InGaN 等、いかなる組成の窒化物化合物半導体で構成されていても良い。

【0088】

また、 ZnO 薄膜が界面に形成され、 ZnO でレーザー光が吸収される構成となっても良い。前記の光照射工程の前あるいは後に、例えば Si 基板、 GaAs 基板、 InP 基板、 GaP 基板などの異種基板を貼り合わせる工程及び前記異種基板を分離する工程を含む形でも良い。

【0089】

また、前記の光照射工程の後に GaN 系半導体デバイス構造を再成長する形でも良い。 GaN 薄膜を光照射により分離する工程で使用する光源は、YAGレー

ザの第3高調波に限らず、KrF、ArFエキシマレーザあるいは水銀灯の輝線であっても良い。

【0090】

また、基板とGaN薄膜の間に酸化亜鉛やInGaNといったGaNよりも禁制帯幅の小さな層が挿入されており、光の吸収が促進され、低出力の光でサファイア基板8が分離される構成としても良い。Auメッキ層に加えAuSn等半田メッキ層を形成する形でも良い。

【0091】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の半導体発光素子およびその製造方法ならびにその実装方法によれば、発光素子を構成するエピタキシャル成長層に接する形で高反射電極及びこの電極を下地層として金属メッキ層が形成されているので、光の取り出し効率が向上し高輝度化が実現できるとともに、放熱に優れ高出力動作が可能となる。同時に静電耐圧を向上、デバイスの直列抵抗を低減することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施の形態における半導体発光素子を示す構成断面図

【図2】

本発明の第1の実施の形態における半導体発光素子の製造方法及び実装方法を示す構成断面図

【図3】

本発明の第1の実施の形態における半導体発光素子の製造方法及び実装方法を示す構成断面図

【図4】

本発明の第2の実施の形態における半導体発光素子を示す構成断面図

【図5】

本発明の第2の実施の形態における半導体発光素子の製造方法を示す構成断面図

【図 6】

本発明の第 2 の実施の形態における半導体発光素子の製造方法を示す構成断面

図

【図 7】

本発明の第 2 の実施の形態における半導体発光素子の製造方法を示す構成断面

図

【図 8】

本発明の第 3 の実施の形態における半導体発光素子を示す構成断面図

【図 9】

本発明の第 3 の実施の形態における半導体発光素子の製造方法を示す構成断面

図

【図 1 0】

本発明の第 3 の実施の形態における半導体発光素子の製造方法を示す構成断面

図

【図 1 1】

本発明の第 3 の実施の形態における半導体発光素子の製造方法を示す構成断面

図

【図 1 2】

本発明の第 4 の実施の形態における半導体発光素子を示す構成断面図

【図 1 3】

本発明の第 4 の実施の形態における半導体発光素子の製造方法を示す構成断面

図

【図 1 4】

本発明の第 4 の実施の形態における半導体発光素子の製造方法を示す構成断面

図

【図 1 5】

本発明の第 4 の実施の形態における半導体発光素子の製造方法を示す構成断面

図

【図 1 6】

第1の従来例における半導体発光素子の構成断面図

【図17】

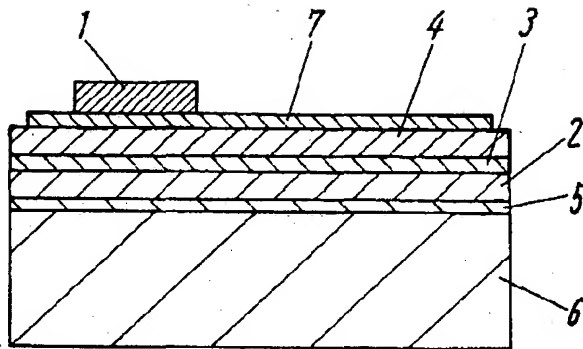
第2の従来例における半導体発光素子の構成断面図

【符号の説明】

- 1 Au電極
- 2 n型AlGaInN層
- 3 AlGaInN活性層
- 4 p型AlGaInN層
- 5 Ti/Au電極
- 6 Auメッキ
- 7 ITO透明電極
- 8 サファイア基板
- 9 高分子フィルム保持材
- 10 ダイシングブレード
- 11 コレット
- 12 PbSn半田
- 13 パッケージ表面
- 14 Ti/Al電極
- 15 Pt/Au高反射電極
- 16 SiO₂薄膜
- 17 第1の高分子フィルム保持材
- 18 第2の高分子フィルム保持材
- 19 SiO₂/Ta₂O₅多層膜
- 20 Al電極
- 21 Ni電極
- 22 Agバンプ
- 23 保護ダイオード付きサブマウント表面

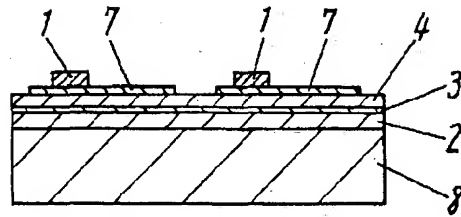
【書類名】 図面

【図1】

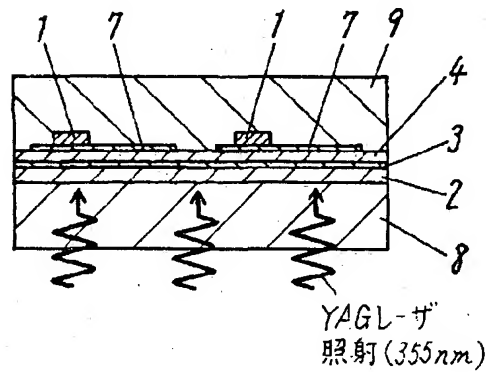


【図2】

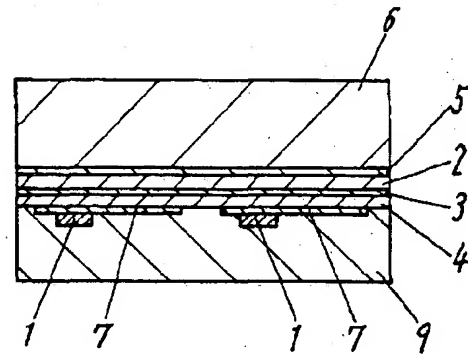
(a)



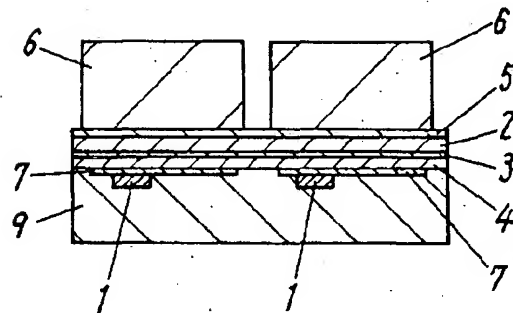
(b)



(c)

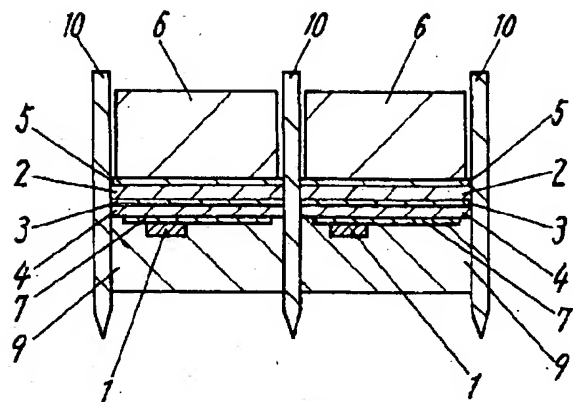


(d)

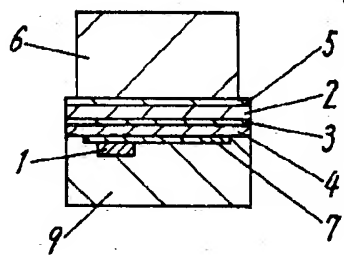


【図3】

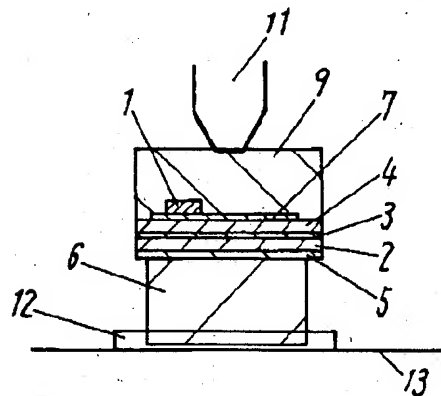
(e)



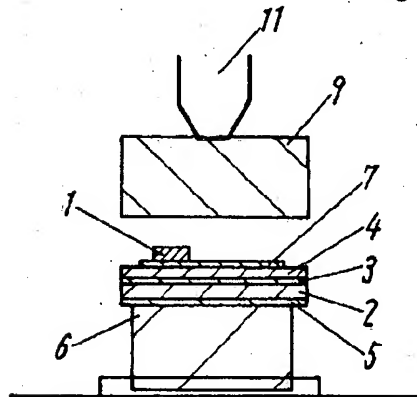
(f)



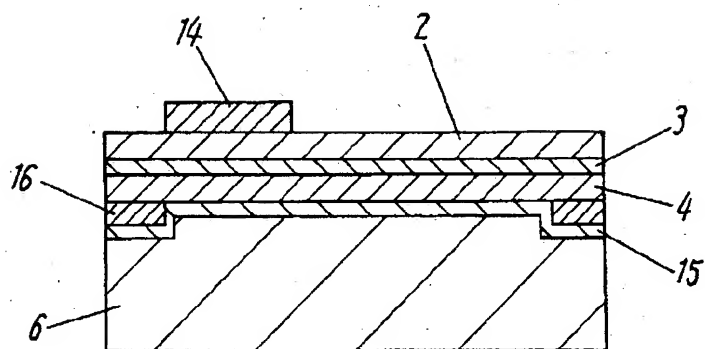
(g)



(h)

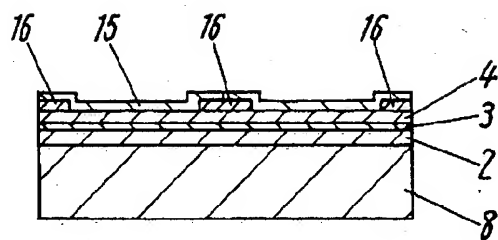


【図 4】

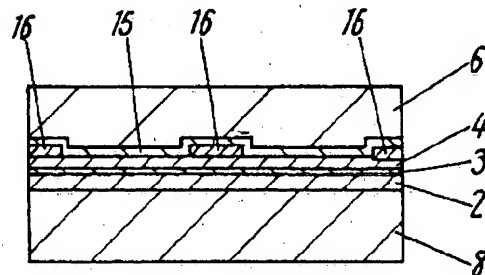


【図 5】

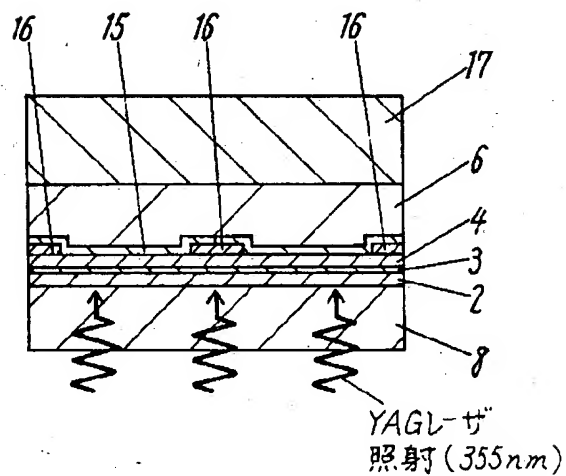
(a)



(b)

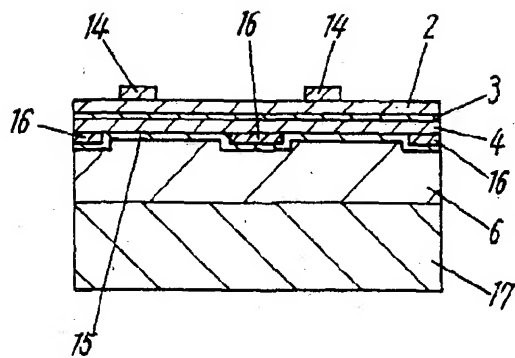


(c)

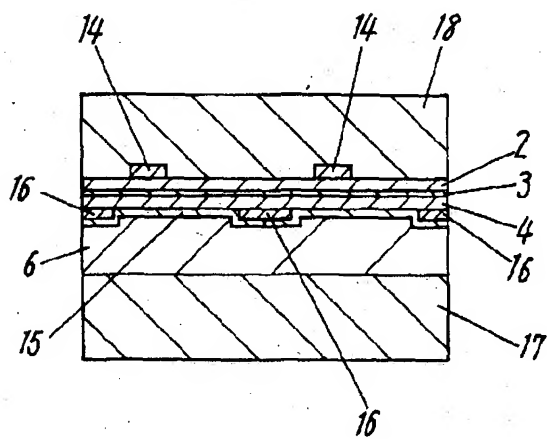


【図 6】

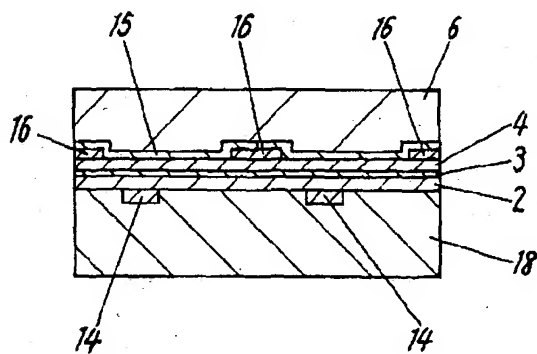
(d)



(e)

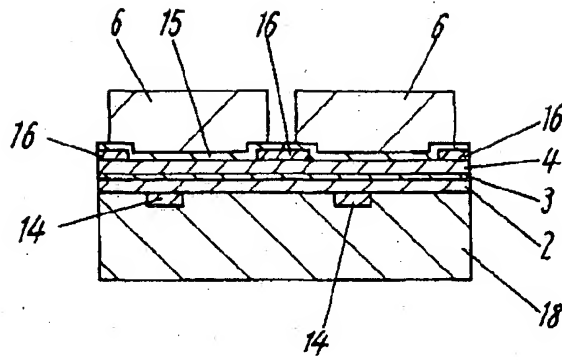


(f)

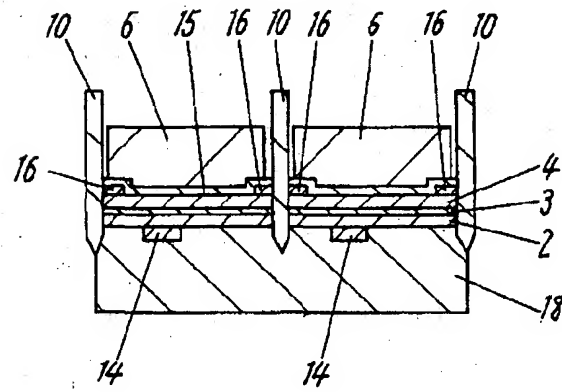


【図 7】

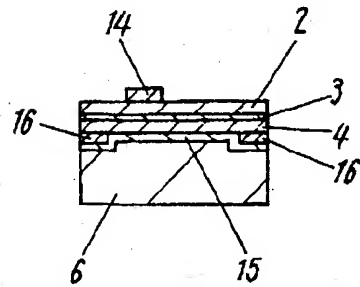
(g)



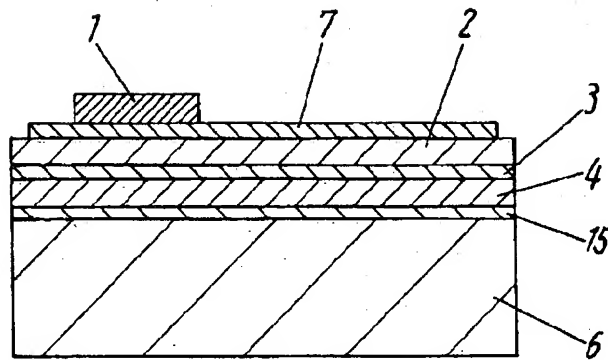
(k)



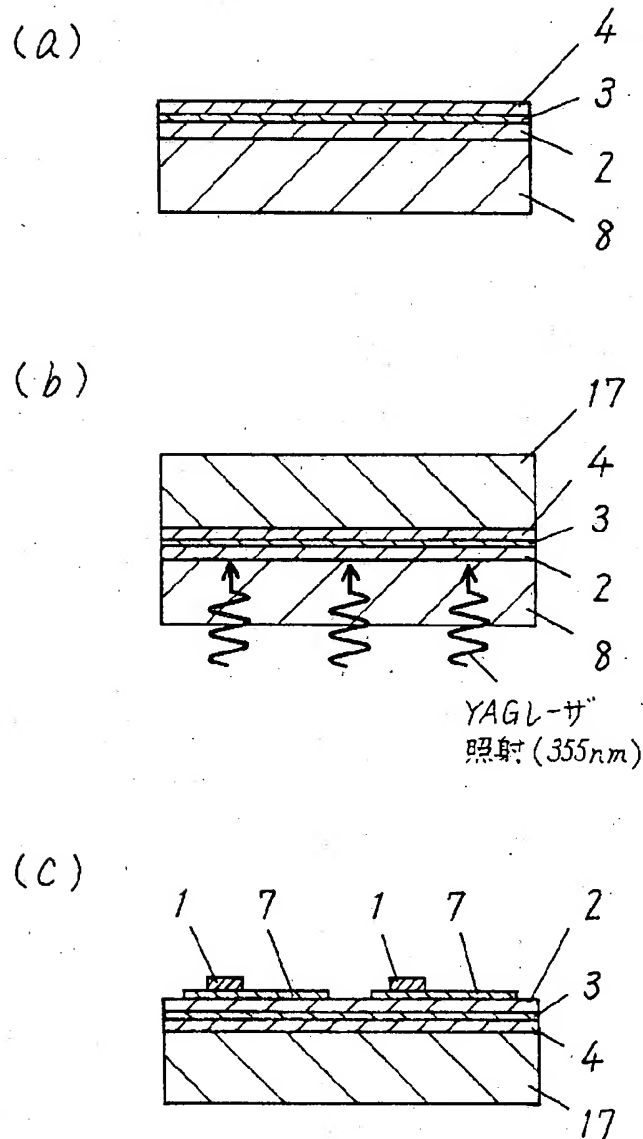
(i)



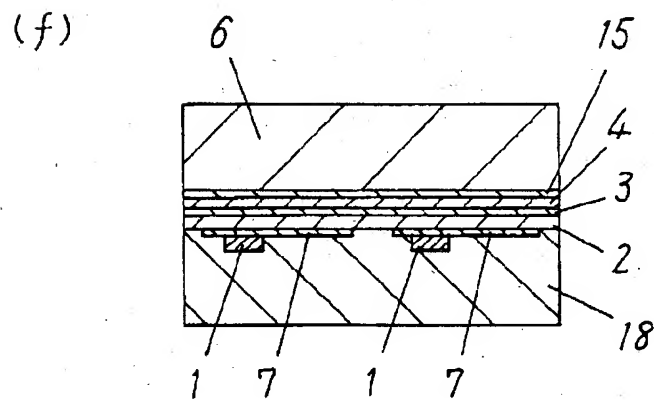
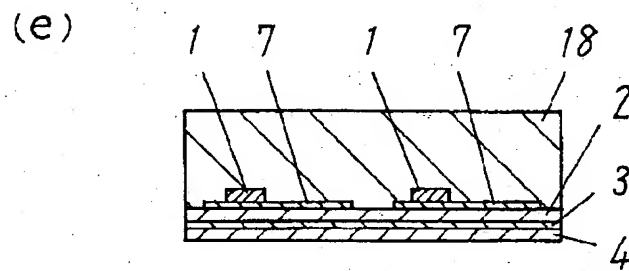
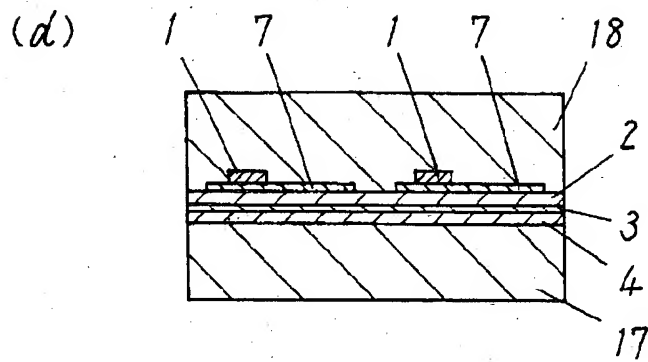
【図8】



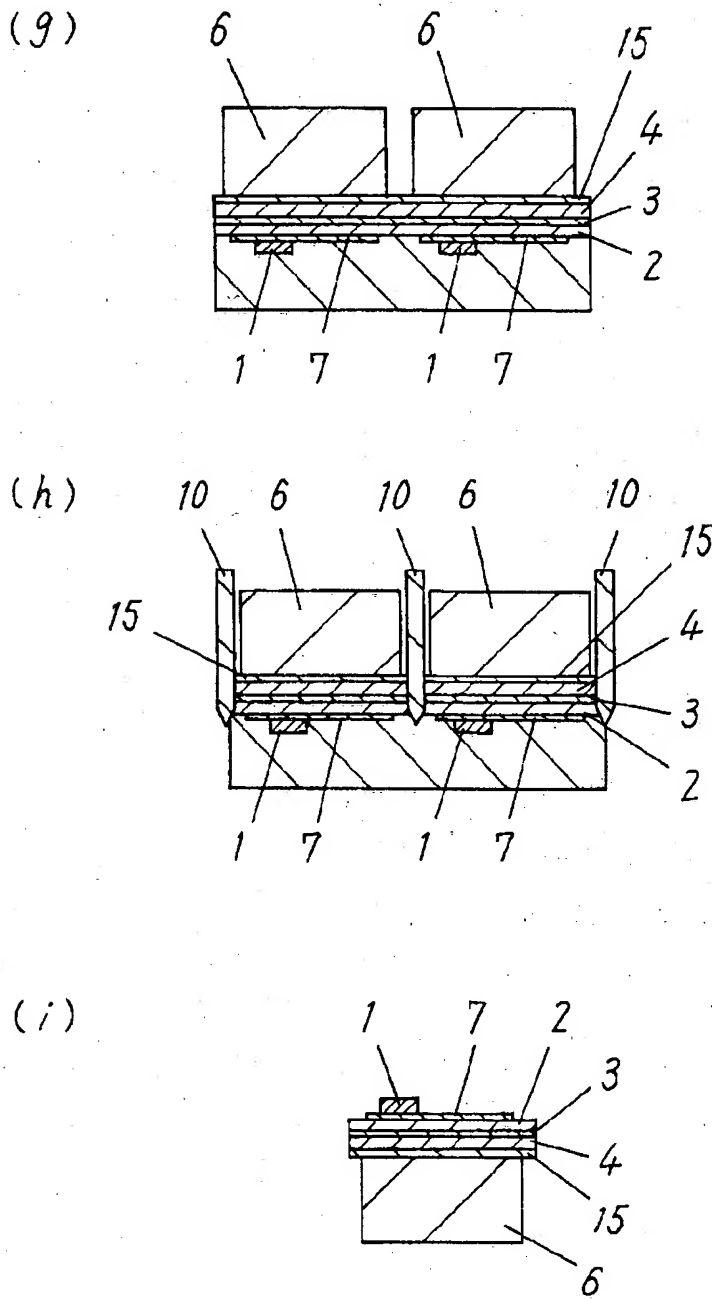
【図9】



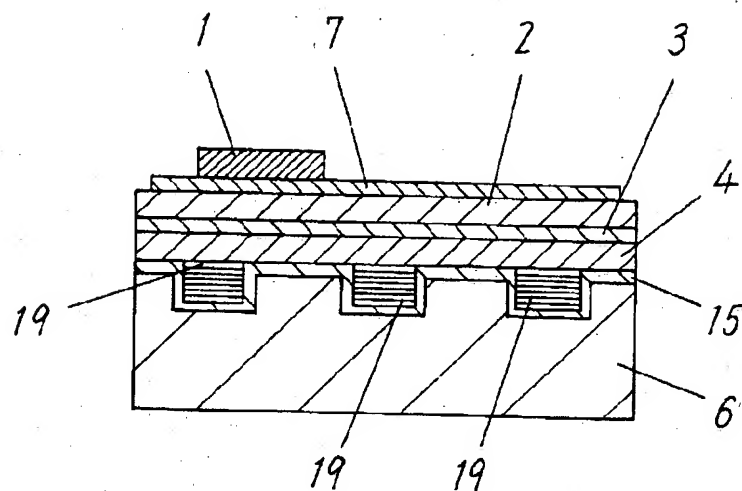
【図10】



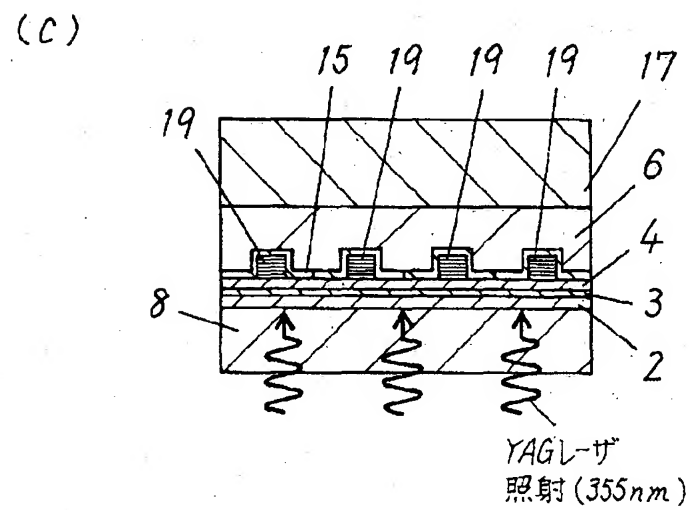
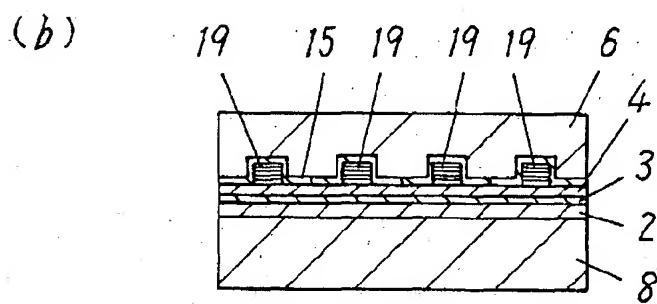
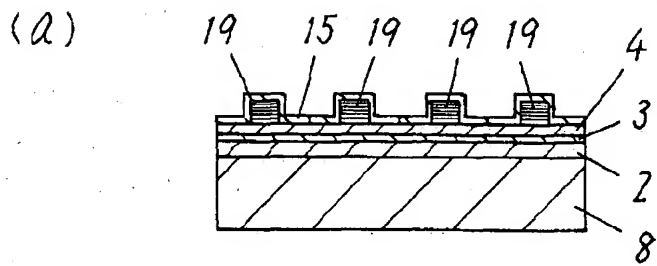
【図 11】



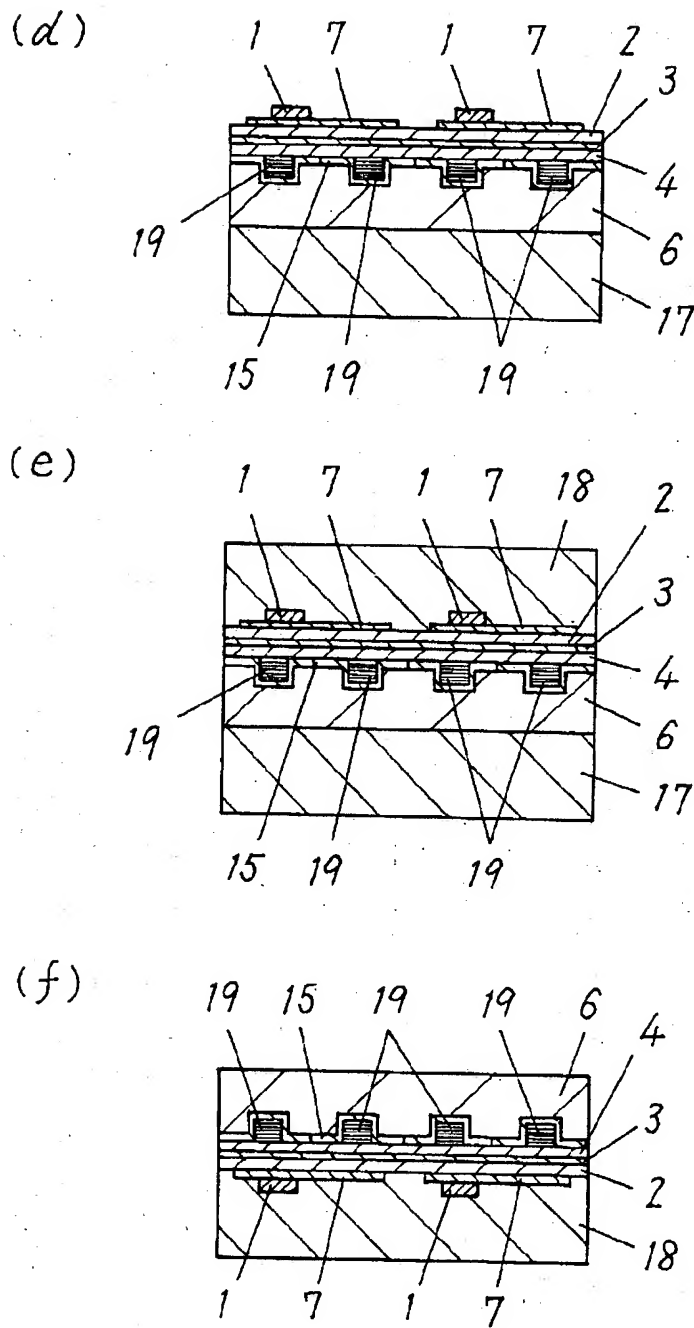
【図12】



【図13】

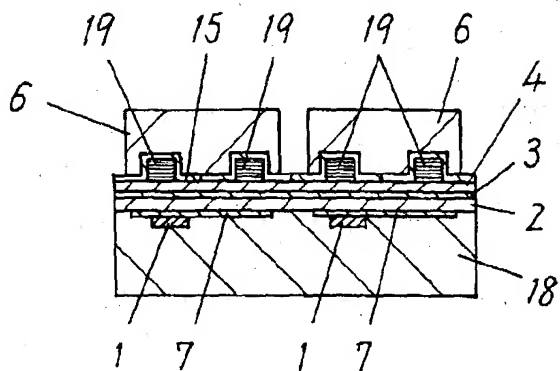


【図14】

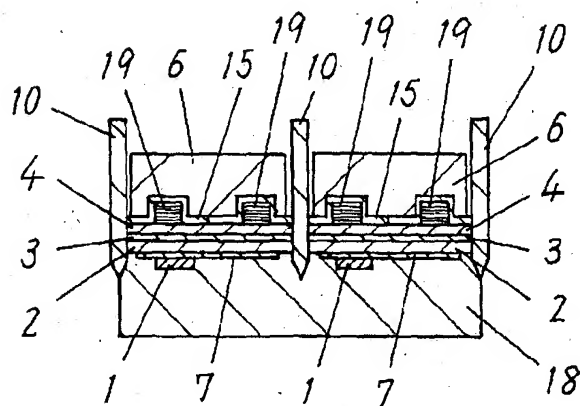


【図15】

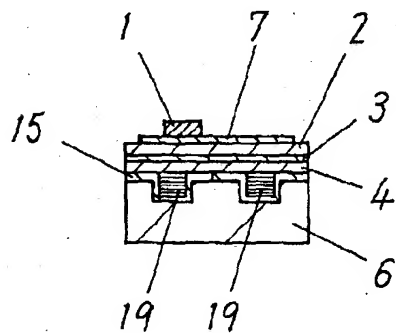
(g)



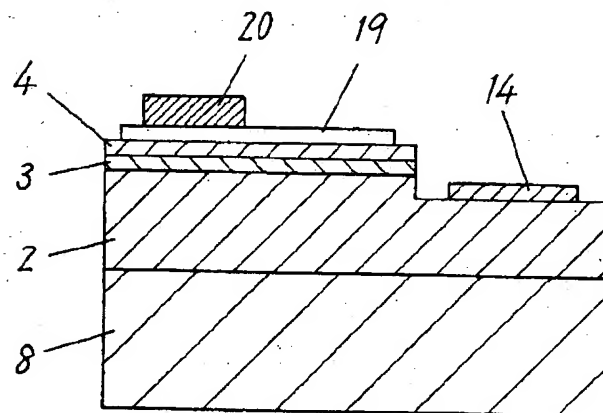
(h)



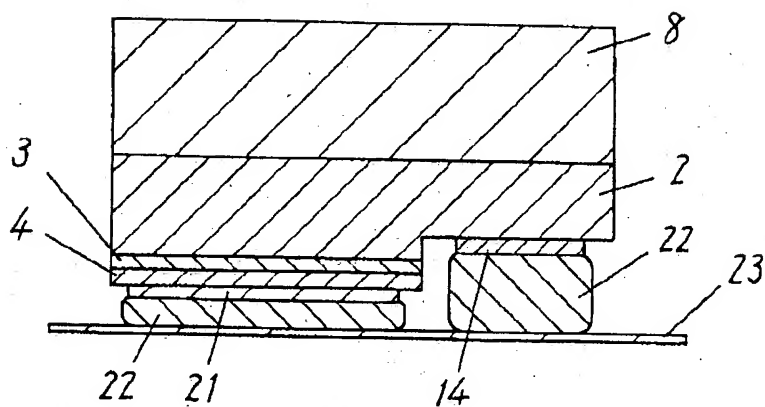
(i)



【図16】



【図17】



1

【課題】 GaN系化合物半導体を用いた半導体発光素子において、放熱性を改善するとともに静電耐圧を大きくし、さらに直列抵抗を小さくする。

【解決手段】 p型AlGaInN層4、AlGaInN活性層3、n型AlGaInN層2がこの順に形成されており、p型AlGaInN層にはITO透明電極7が、さらにITO透明電極の表面の一部に接する形でAu電極1が形成されている。n型AlGaInN層2側にはTi/Au電極5が形成され、このTi/Au電極5のAu層を下地層として厚さ約50μmのAuメッキが形成されている。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日 1990年 8月28日
[変更理由] 新規登録
住 所 大阪府門真市大字門真1006番地
氏 名 松下電器産業株式会社